سلسلة علوم الفيزياء الأساسيّة

يتضمّن الكتاب ثلاثة تجارب بسيطة، يعمل التلميذ على القيام بتجربتها واختبارها بنفسه.

القوّة والحركة



المكتبة الحديثة
ناشرون

سلسلة علوم الفيزياء الأساسية

القوّة والحركة

آنجيلا رويستون

المكتبة الحديثة ناشرون

الطبعة الأولى 2016

ترجمة: نهى الحريري

التدقيق اللّغوي:

د. عصام الحوراني / مارينا سلوم / عماد الدين فارس

العنوان الأصلي للكتاب:

Forces and Motion

Angela Royston

دار الهدى
للطباعة والنشر والتوزيع

المنطقة الصناعيّة
ص.ب: 193 عين مليلة - الجزائر.
الهاتف : 032.44.92.00 - 032.44.95.47
الفاكس: 032.44.94.18
Web : www.elhouda.com
E-mail: darelhouda@yahoo.fr

الجمهورية اللبنانية - بيروت
النويري - شارع زيدان - بناية التوفيق
تلفاكس : 009611654287
ص.ب : 2564 الرمز البريدي : 11072110
البريد الإلكتروني : alhadissa@hotmail.com

فهرس المحتويات

هل تعلم؟
اكتشف حقائقَ مذهلة
عن القوة والحركة.

لحظة اكتشاف!
تَعلُّم اكتشافات مهمّة دفعت
عجلة المعرفة قُدُماً.

ماذا بعد؟

اقرأ عن آخر البحوث في علوم
الفيزياء الأساسية.

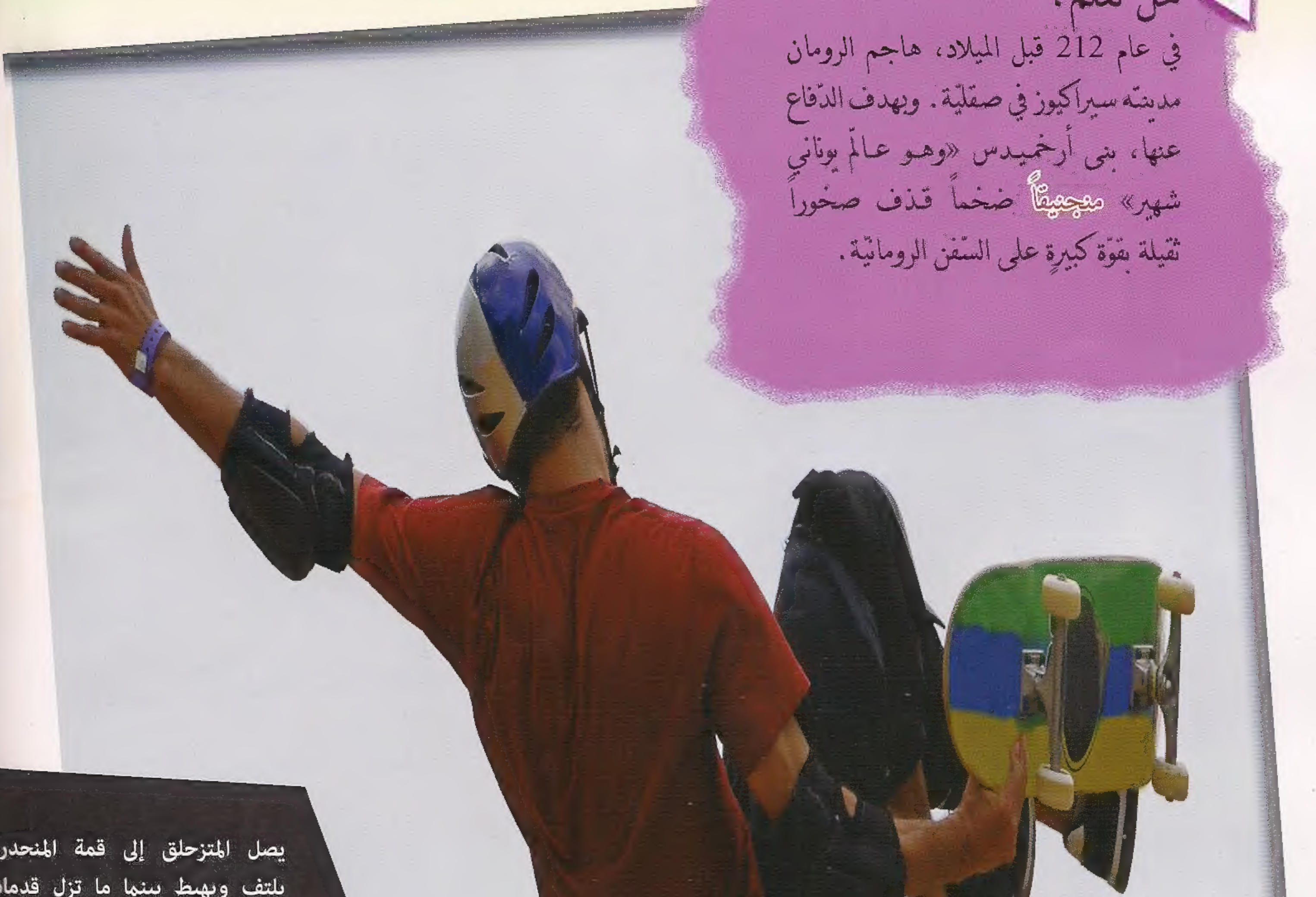
بعض الكلمات مكتوبة باللّون الأحمر،
يمكن أن تجد معناها في المسرد.

كيف تتحرّك الأشياء؟

القوّة هي المسؤولة عن تحريكِ شيءٍ ما أو تغيير طريقة تحرّكه. عندما يتحرّك شيء ما، يتغيّر موقعه. فينطلق من نقطة معيّنة ليصل إلى نقطة أخرى،أو قد يعود إلى نقطة الانطلاق.

هل تعلم؟

في عام 212 قبل الميلاد، هاجم الرومان مدينة سيراكيوز في صقلّية. وبهدف الدّفاع عنها، بنى أرخميدس «وهو عالمٌ يونانيٌ شهير» منجنيقاً ضخماً قذف صخوراً ثقيلة بقوّة كبيرةٍ على السّفن الرومانيّة.



يصل المتزحلق إلى قمة المنحدر، يلتف ويهبط بينما ما تزل قدماه على لوح التزلج. يتطلب القيام بهذا مهارة ولكن بدون القوة لا يستطيع طبعاً فعل هذا.

تحريك الأشياء

ابتكر النّاس الآلات لتحريك الأشياء بسهولة أكبر. يعتمد بعضها على القوى العضلية فيما تعتمد أخرى على الكهرباء أو قوّة الرّياح أو قوّة المياه الجارية. وقد تتدخّل قوى أخرى أيضاً. ما كانت الأشياء لتتباطأ أو كانت لتقع من دون الاحتكاك والجاذبيّة. ولولا الاحتكاك لعمَّت الفوضى!

هذه الذراع الآلية زوّدت بطاقة كهربائيّة ليستطيع الشّخص المشلول اليد فقط التّحكم بها أو استعمالها. حتّى أنّها تستطيع أن تقوم بنفسها بحركة بسيطة أكثر من الأشخاص الّذين أصاب أيديهم الشلل.



ماذا بعد؟

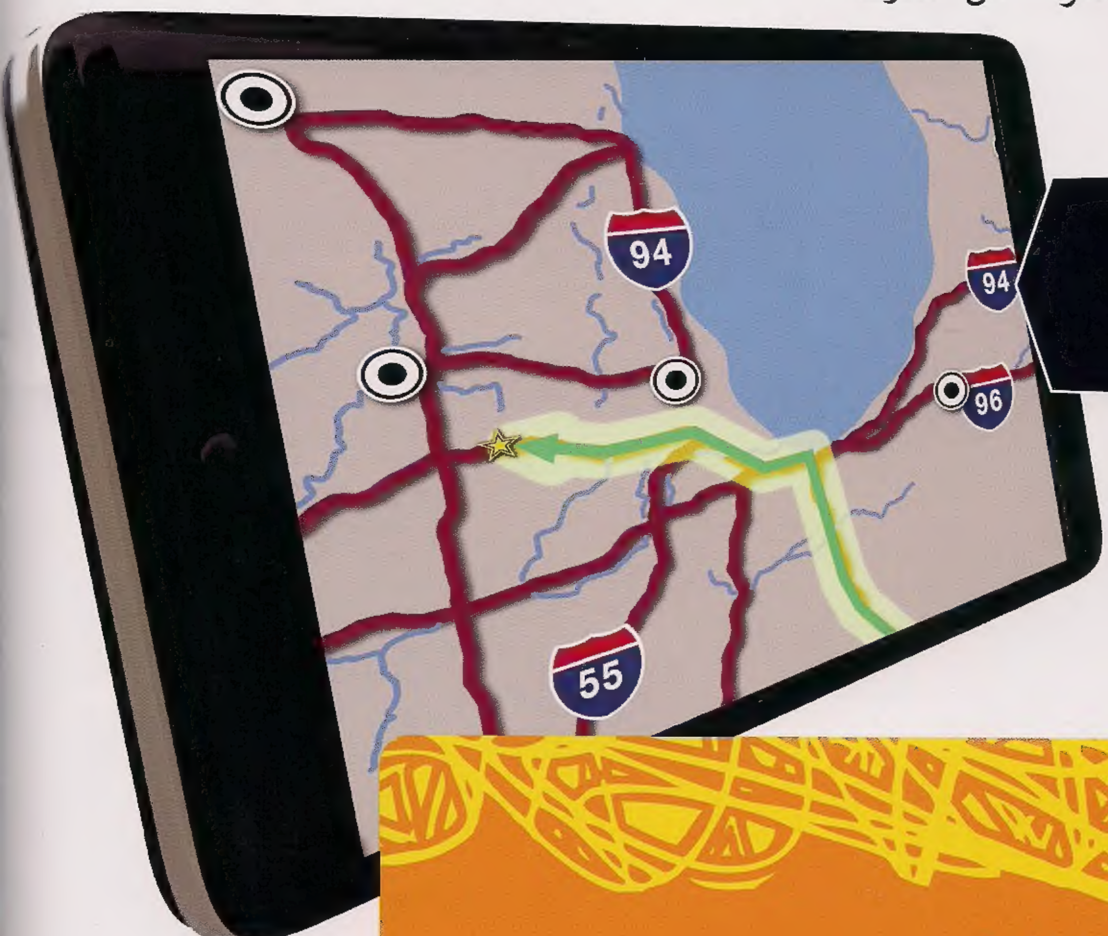
تخيّل حاسوباً قادراً على التقاط أفكارك وتحويلها إلى أفعال. قد تتوافر مساعدة للأشخاص الذين يعانون شللاً قريباً بفضل شريحة حاسوبيّة تُزرع في الدماغ. تكشف هذه الشريحة عن إشارات الفكر وتستخدمها للتحكّم بذراع آليّة.

ما هي الحركة؟

أسهل طريقة لوصف القوّة هي اتّباع طريقة تحرّك شيء ما. قبل كلّ شيء، عليك معرفة نقطة انطلاق الشيء ومن ثمّ نقطة وصوله. ومن ثمّ بإمكانك وصف المسار الذي اتخذه الشيء للوصول إلى نقطة النهاية. تتحرّك بعض الأشياء بشكل غير منتظم، فيما تتحرّك أخرى بشكل منتظم ثابت.

تثبيت موقعك

إذا أردت أن تُبلغ شخصاً بمكانك، عليك أن تَصِفَ موقعك بالنّسبة إلى شيءٍ آخر أو محيطك. على سبيل المثال: إذا كنت ستقابل صديقاً، قد تقول: «أنا في انتظارك في محطّة الباص الموجودة على طريق العودة من المدرسة».



الخط الأخضر يُظهر لنا الطريق بين مكانين. في حرب الخليج استعملت تقنية ال GPS لأوّل مرّة.

لحظة اكتشاف!

كيف تصف موقعك عندما يكون كلّ ما حولك متطابقاً؟ لقد واجه الجنود الأمريكيون هذه المشكلة في الصّحراء في حرب الخليج في الكويت سنة 1991. ومن ثمّ اكتشفوا الحّل في نظام **تحديد المواقع العالمي (GPS)**. يعتمد هذا النظام على الأقمار الاصطناعية في الفضاء لتحديد موقعهم بدقّة. وكان هذا النظام يعمل في أثناء العواصف الرّملية.

أنماط الحركة

تتحرّك بعض الأشياء بنمط ثابت. حركة أراجيح مدينة الملاهي دائريّة، غير أنَّ الأراجيح في الملاعب تتحرّك ذهاباً وإياباً. قد تدور أجزاء آلة ما أو تصعد أو تنزل. في سياق الرياضيّات، الخطّ المستقيم هو أقصر مسافة بين نقطتين، ولكن في الواقع غالباً ما ينعطف المسار الأسرع حول العوائق.

الأراجيح في مدينة الملاهي تدور حول محور الدائرة. وهذه الأراجيح تتحرك نحو الخارج ونحو الأعلى كلّما زادت المحرّكات سرعتها.



الانطلاق

لا يمكنك التحرّك من دون قوّة تُطلِقُكَ. تكون جميع القِوى إمّا مسؤولة عن الدّفع أو السّحب. أنت تدفع عربةَ السوبرماركت، على الرّغم من أنّك قادر على سحبها. عندما تحرّك طاولةً ثقيلةً، إمّا أَنْ تحملها أو تسحبها. الحمل قوّة تسحب صعوداً. كلّما كان الشيءُ الذي تحمله أثقل، كلّما كان يقتضي قوّة أكبر.



في قمّة الرّكض، يشكّل الفريق ثقلاً ليدفع الزّلاجة. للحفاظ على سرعة الحركة يحتاجون إلى الكثير من القوّة. يركض الفريق بسرعة قبل القفز داخل الزّلاجة.

قوّة عن بعد

تقتضي معظم القِوى التلامس. عليك الإمساك بعربة السوبرماركت قبل أن تتمكّن من دفعها أو سحبها. بعض القوى قادرة على سحب شيء ما من دون ملامسته. على سبيل المثال: يسحب المغنطيس الدبابيس الورقيّة الحديديّة نحوه من دون ملامستها. الجاذبيّة هي القوّة التي تسحب كلّ شيءٍ نحو الأرض سواء كانت تلمس الأرضَ أم لم تكن.



يقفز الغطّاس من على اللّوح العالي داخل بركة السّباحة. القوة التي تسحبه بقوّة للأسفل تُسمّى الجاذبيّة.

هل تعلم؟

الجاذبيّة على الكواكب والأقمار الأخرى أقوى أو أضعف من جاذبيّة الأرض. (راجع الصفحة 37 لاكتشاف السّبب). الجاذبيّة على بلوتو أضعف بكثير من الجاذبيّة على الأرض. ما يعني أنّه إذا ما وقع شيء ما على سطح بلوتو، يقعُ ببطء أكبر بكثير من وقوعه على الأرض.

ماذا يحدث عندما تتصادم القوى؟

تجعل القُوّة كُرة أو شيئاً ما يتحرّك بطرق مختلفة. فتجعله يغيّر مساره أو يسرّع أو يتباطأ. في ألعاب الكُرة، ركْلُ الكرة أو ضربها قادر على تغيير مسارها وسرعتها. ضرب الكُرة بشكلٍ دائريّ قادرٌ على تغيير الاتجاه الذي تتخذه الكُرة في الهواء أو بعد ارتدادها.



يحرّك لاعب كرة المضرب اتجاه الكرة عبر ضربها بالمضرب. إذا ضرب اللاعب الكرة في أثناء دورانها فهذا سيغيّر مسارها.

أكثر من قوّة واحدة

عند ركل كُرة أو ضربها أو رميها، تُفْرَض عليها مجموعة من القوى في الوقت نفسه. فعلى سبيل المثال: ركلُ الكُرة يدفعها إلى الأمام. غير أنّ الجاذبيّة تشدّها نحو الأرض والرّياح قد تُبطِئها أو تسرّعها. سرعة الطّابة واتجاهها هو نتيجة لهذه القوى وقوى أخرى مجتمعة.



تفسير القِوى

إسحاق نيوتن واحد من أشهر العلماء على الإطلاق. كان مهتمّاً جداً بالعنصر الذي يجعل الأشياء تغيّر الطريقة التي تتحرّك بها. في العام 1687، نشرَ قوانينَ الحركة التي فسّرت تأثير القوى في الأشياء المتحرّكة.

لحظة اكتشاف!

ما هو القاسم المشترك بين شيء غير متحرّك وشيء يتحرّك على خطٍّ مستقيم وبسرعة ثابتة؟ أدرك إسحاق نيوتن أنّ كلا الشيئين لن يتغيّر إلّا في حال تأثير قوّة فيهما. لا يتغيّر الشيء الثّابت ولا يغيّر الشيء المتحرّك اتجاهه أو سرعته.

متوازن أو غير متوازن؟

ثبات شيء ما لا يعني بالضرورة عدم تعرّضه لأيّ قوى. إذا كان فريقا لعبة شدّ الحبل يشدّان بالقوّة نفسها، تكون القوى متوازنة ويبقى الحبل ثابتاً. تماماً كتحرّك شيء ما في الاتجاه نفسه وبالسرعة نفسها إذا كانت القوى التي يتعرّض إليها متوازنة. لا يطرأ تغيّر سوى في حال عدم توازن القوى.



هذان الفريقان متوازنا القوّة فالحبل لا يتحرك. إذا شدّ أحد الفريقين الحبل بقوّة أكبر من الآخر، سوف يتحرّك الحبل.

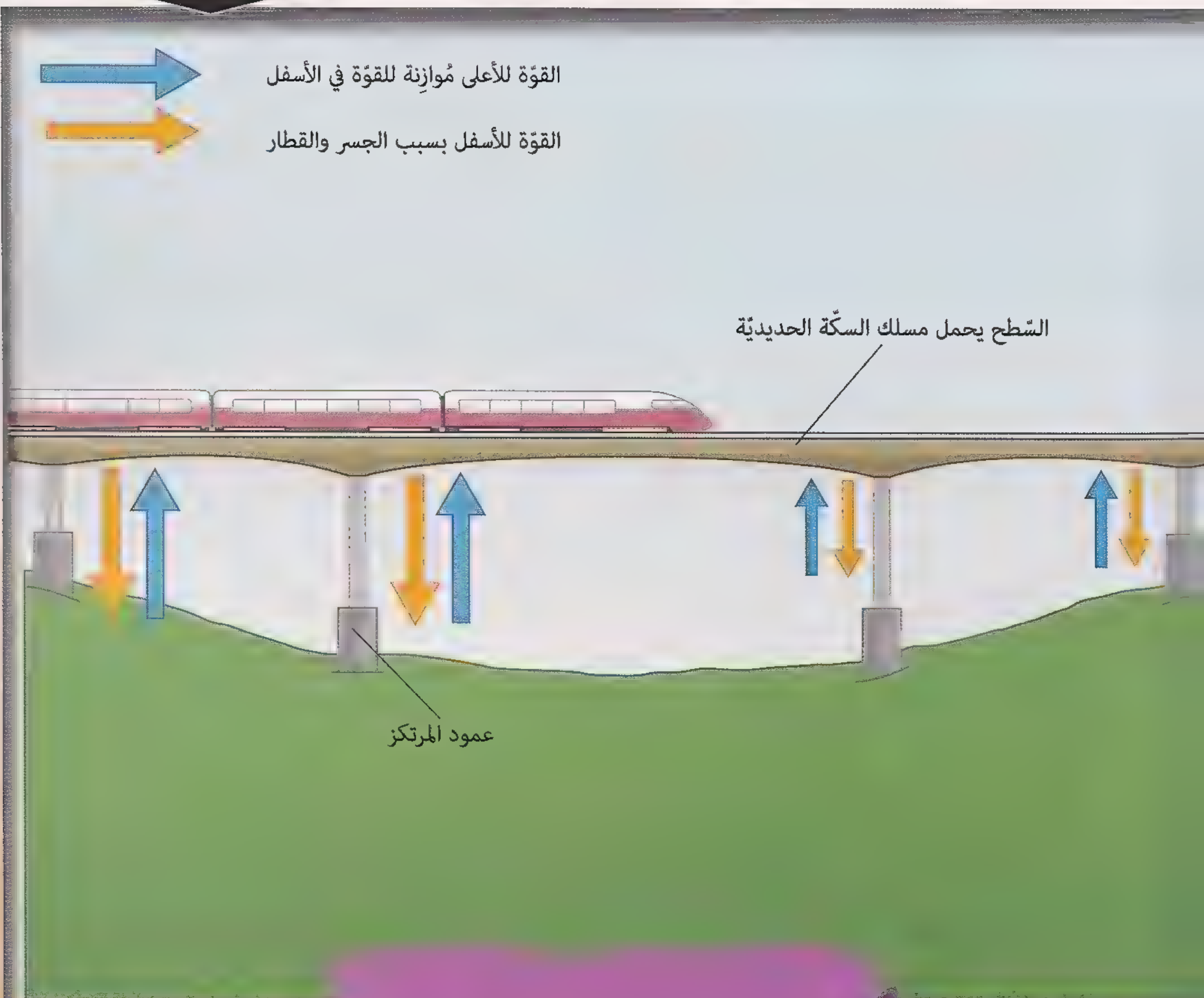
الدّفع إلى الوراء

عندما تتكئ على جدار من الطوب؟ لِمَ لا تقع عليه؟ يكمن الجواب في قانون نيوتن الثّالث للحركة. يؤكّد هذا القانون أنّ لكلِّ فعل ردّ فعل معاكساً ومتساويًا. إذا ما دفع الجدار بالقوّة نفسها، يدفعك بعيداً. إذا ما دفعك بقوّة أقلّ، قد تقع عليه. الجدار يدفعك بنفس قوى اتكائك عليه ولكن في الاتجاه المعاكس.

الجسور

لا بدّ من أن يكون الجسر قويّاً ليتحمّل وزن جميع السّيّارات عليه في أيّ وقت. وأبسط أنواع الجسور هي الجسور ذات الكمرات. كلّما كانت دعائم الجسر ذي الكمرات أكثر، كلّما كان أطول.

الجسر الخشبي وزن الجسر والحمولة تُحمل بواسطة الدّعامات.



هل تعلم؟

أطول جسر في العالم جسر دانيانغ كونشان الكبير الموجود على خطّ سكّة حديد بين شانغهايّ ونانجينغ في الصين. يبلغ طول هذا الجسر ذي الكمرات 164.8 كيلومتراً ويبلغ عدد ركائز دعمه 2000.

جرّب هذا!

استخدم الكرات الزجاجيّة لاستكشاف تحرّك الأشياء نتيجة للقوى. هل تظن أنّ تعزيز انحدار طريق منحدر يعزّز القوّة التي تضرب بها الكُرة الهدف أو يَحُدّ منها؟
المتوقّع حصوله: تغيير انحدار المنحدر سيؤثّر في قوّة الشيء المتدحرج.

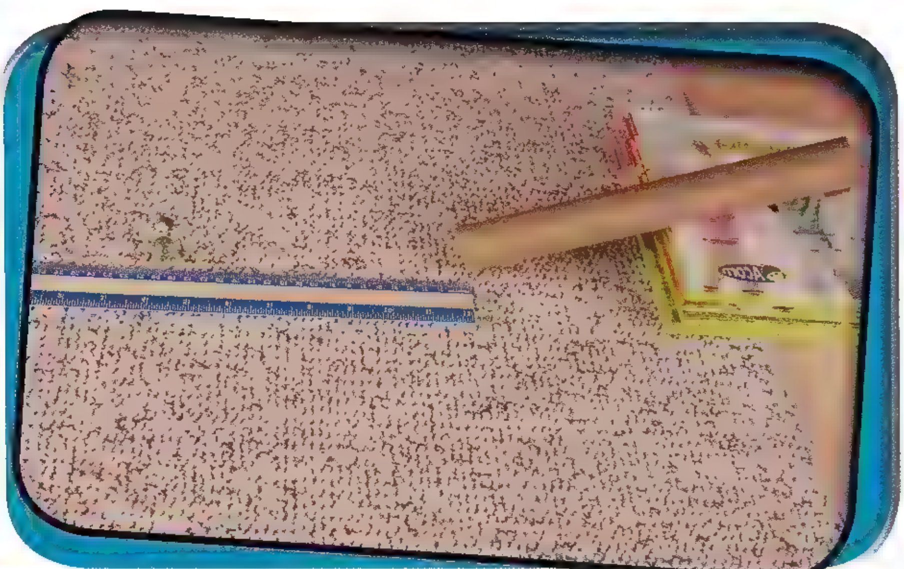
ما تحتاج إليه:

- مجموعة من الكتب يبلغ ارتفاعها حوالي 6 سنتيمتر (2ونصف إنش)
- أنبوبٌ من الورق المقوّى
- دبوس رسم
- 5 كرات زجاجيّة صغيرة
- شريط قياس أو مسطرة
- كرة زجاجيّة كبيرة

الخطوات المتّبعة:

1. ضع الكتب بعضها فوق بعض ليبلغ ارتفاعها سنتيمترين واسند الأنبوب على الكتب. ثبّت دبوس الرّسم على مسافة 20 سنتيمتراً أمام طرف الأنبوب على السّجادة لتحديد النقطة. ضع كرة زجاجيّة صغيرة بجانب الدّبوس كهدف.

2. ضع كرة زجاجيّة كبيرة في أعلى الأنبوب وأطلقها. استمر بالمحاولة إلى أن تضرب الهدف. قم بقياس المسافة بين الكرة الزجاجيّة الصغيرة (الهدف) والدّبوس لترى مدى تدحرجها بعيداً. سجّل النتائج.





③ أضف المزيد من الكتب بحيث يبلغ الارتفاع 4 سنتيمترات. هل تظن أنّ الكرة الزجاجيّة (الهدف) ستتدحرج لمسافة أبعد أو للمسافة نفسها أو لمسافة أقلّ هذه المرّة؟ وليكون الاختبار دقيقاً، عليك محاولة ضرب الكرة الزجاجيّة كلياً تماماً كما فعلت في الخطوة 2. قم بقياس مدى تدحرج الكرة (الهدف) بعيداً وسجّل النتائج. هل كان توقعك صحيحاً؟



④ أضف المزيد من الكتب ليبلغ الارتفاع 6 سنتيمترات. كم ستتدحرج الكُرة الزجاجيّة بعيداً هذه المرّة؟ أنشئ رسماً بيانياً لتجسيد نتائج مختلف ارتفاعات الكتب.

الاستنتاج

عند تعزيز انحدار المنحدر، تدحرجت الكُرة بسرعة أكبر وضربت الهدف بقوّة أكبر؛ ما جعل الكُرة (الهدف) تتدحرج أبعد.

من قوّة صغيرة إلى قوّة كبيرة

تُحوّل آلة ما القوّة الصغيرة إلى قوّة كبيرة. بعض الآلات معقّدة جداً وبعضها بسيط جداً إلى درجة أنّك لا تعتبرها آلات. الرّافعة من الآلات البسيطة، فهي تسمح لك برفع الأشياء الثقيلة التي لا يمكنك رفعها بنفسك.



الدّفع للأسفل أسهل من الرّفع أو الفتل. تسمح الرّافعة للعامل أن يدير الصامولة بدفع مسكة الرّافعة للأسفل.

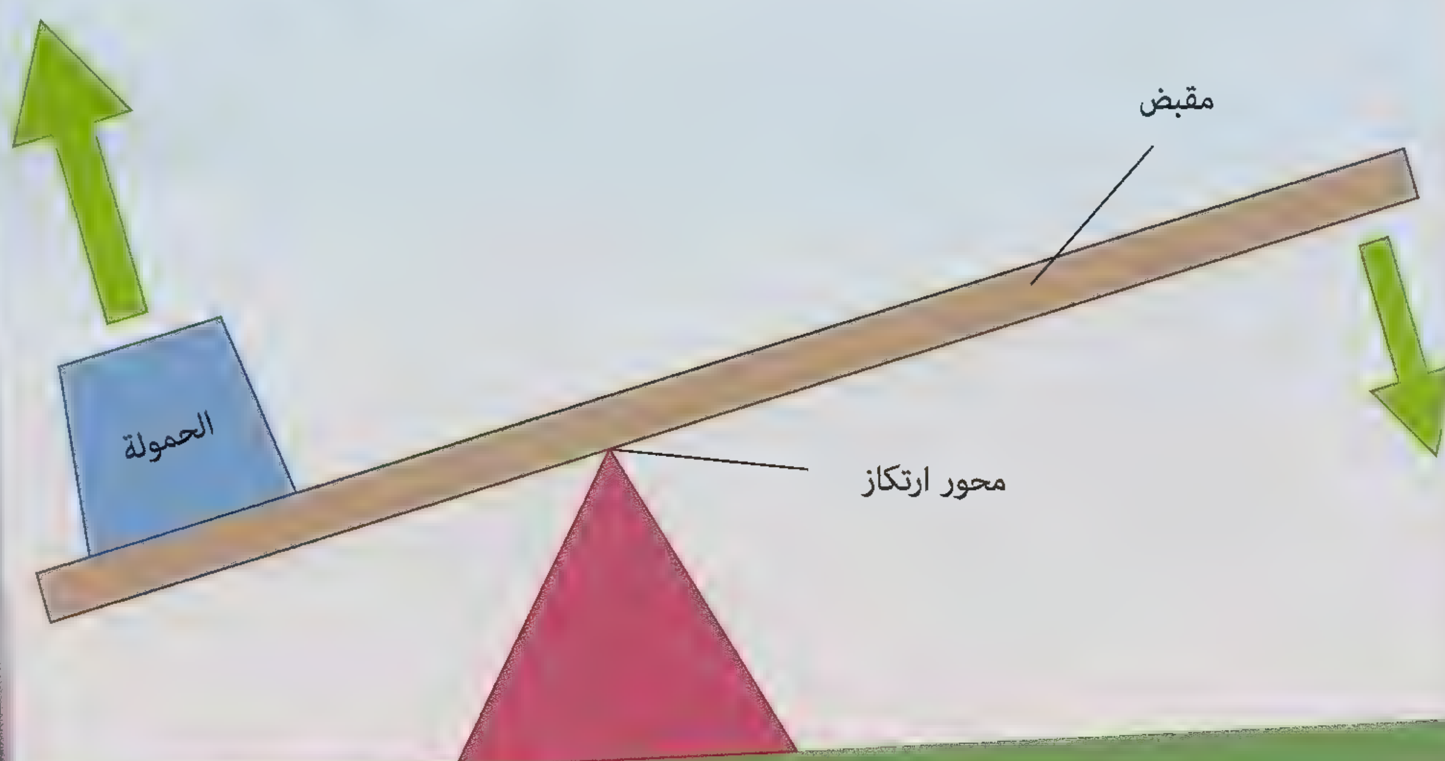
ماذا بعد؟

عندما تسير، تستخدم قدميك كدافعة لدفع نفسك إلى الأمام. صممت أحدث أحذية المشي لمساعدتك على السير بسرعة أكبر. فيما تضغط قدميك على الأرض، تسحق القوّة أربعة نعال مطّاطيّة تحت الحذاء. وفيما ترفع قدميك، يتمّ إطلاق القوّة المخزّنة في هذه النعال، ما يمنحك دفعة إضافية.

كيف تعمل الرّافعة؟

تدور الرّافعة حول نقطة ثابتة تُدعى المحور. أبسط أنواع الرّوافع هي الرّافعة من الفئة أ. يكون طرف مقبضها عادةً أبعد من المحور بالمقارنة مع الحمولة. تصبح القوّة الصغيرة اللّازمة لتحريك المقبض إلى الأسفل قوّة كبيرة ترفع الحمولة لمسافة قصيرة. كلّما كان المقبض أطول، كلّما كانت الرّافعة قادرة على حمل حمولة أثقل.

طريقة عمل الرّافعة
بشكل أوّلي أو بدائيّ



هل تعلم؟

قال أرخميدس (راجع الصفحة 4): "أعطني رافعة ومكاناً أقف فيه وسأرفع العالم". كان بحاجة إلى مكان يقف فيه ليتمكّن من دفع الرّافعة إلى الأسفل. كما كان بحاجة إلى ذراع طويلة جداً ليرفع العالم.

لِمَ تتباطأ الأشياء المتحرّكة؟

إذا ما قمت بدحرجة كُرة زجاجيّة على أرضيّة مسطّحة، تبدأ بالتباطؤ ومن ثمّ تتوقّف. شيء ما يُبطئها، ما هو؟ الجواب هو قوّة تُدعى الاحتكاك وهي تبرز عندما يحتكُّ سطح مع سطح آخر. تؤدّي الأشياء الثقيلة إلى احتكاك أكبر من الأشياء الخفيفة.

قد يبدو الاحتكاك مصدر إزعاج ولكن لا يسعنا العيش من دونه. من دون الاحتكاك، ما كانت قدماك قادرة على التمسّك بالأرض،كانتا لتنزلقا من تحتك كلّما حاولت السير. من دون الاحتكاك، ما كانت لتعمل فرامل السّيّارة.



تخيّل العالم بلا فرامل. الطريقة الوحيدة للتوقّف ستكون الاصطدام بشجرة أو شيء ثابت. لحسن الحظّ نملك الاحتكاك.

كيف تستخدم الفرامل الاحتكاك؟

بهدف إيقاف درّاجة هوائيّة، عليك أن تُبطئ العجلات وأن توقف تحريكها. تقوم الفرامل بهذه المهمّة من خلال جعل اللُّقم تلامس العجلات، ما يولّد احتكاكاً بين اللُّقم والعجلات، مِمّا يبطئ العجلات.



يُسند إلى مكابح الدرّاجة الهوائيّة بطانتين مطاطيتين، كلّ واحدة على جانب من العجلة. عندما تُشدّ المكابح يخفّف مسند المكابح من حركة العجلة.

لحظة اكتشاف!

كان ليوناردو دا فينشي (1452-1519) عالماً وفناناً مشهوراً. اكتشف أنّ الاحتكاك لا يتأثّر بحجم مناطق السّطح التي تتلامس. بمعنى آخر، إذا ما جعلت صندوقاً كبيراً ينزلق على الأرض، لا يتباطأ أكثر أو أقلّ من صندوق صغير من الوزن نفسه والمادّة نفسها. هذا أمر لا يتوقّعه معظم الناس، ولكنّه ينطبق على الأسطح القاسية.

خشن وناعم

الانــزلاق على سطح ناعم كالثلج أسهل من الانزلاق على سطح خشن لأنّ الأسطح النّاعمة تولّد احتكاكاً أقـلّ من الأسطح الخشنة. غالباً ما يحتاج المهندسون إلى الحدّ من الاحتكاك في الآلات؛ لأنّ الاحتكاك يُتلف الأجزاء التي يحتكّ بعضُها ببعض. كما يولّد الاحتكاك حرارة. أنت تُدفّئ يديك عندما تفركهما الواحدة بالأخرى.

لحظة اكتشاف!

كان تشارلز أوغستين دي كولومب حيّاً منذ حوالي 250 سنة. أدرك أنه من المفيد اكتشاف درجة الاحتكاك التي تولّدها الأسطح والموادّ المختلفة؛ ولهذا السّبب صمّم جهازاً يُدعى مقياس الاحتكاك لقياس الاحتكاك على الأسطح المختلفة.



ينزلق للأسفل لوح التزلّج الثلجيّ بسرعة على حافّة الجبل الثلجيّ. ينزلق اللّوح بسهولة لأنّ الثّلج وأسفل اللّوح أملسان.

جعل الأسطح أكثر انزلاقاً

تولّد الأسطح الرّطبة احتكاكاً أقلّ من الأسطح الجافّة. وقد يكون هذا خطراً عندما تسير على أرضيّة رطبة، لكنّه مفيد للمهندسين الذين يسعون إلى الحدِّ من الاحتكاك في الآلات. يستخدم المهندسون النفط لتشحيم آلة، يُغطي النفط الأجزاء المتحرّكة في الآلة لجعل الأسطح أكثر انزلاقاً.

هل تعلم؟

السناجب الرّمادية خبيرة في سرقة الطّعام من مغذيات الطيور. السناجب قادرة على تسلّق أيّ أعمدة معدنيّة لامعة للوصول إلى مغذّيات العصافير. كيف يمكنك إيقافها؟ قم بتشحيم العمود باستخدام الزّيت.



لماذا بإمكانك التزحلق نزولاً على مزلقة الماء بسرعة أكبر من التزحلق على المزلقة الجافّة؟ السّبب انّ الماء يُحدثُ طبقة زلقة بينك وبين المزلقة.

تماسك!

كيف يمكنك تجنّب الانزلاق على أرضيّة رطبة؟ إحدى الوسائل هي ارتداء أحذية ذات مداس. المداس هو الجزء الناتئ الذي يسهل سحقه على نعل الحذاء وعلى عجلات الدرّاجة الهوائيّة والسّيّارات والمركبات الأخرى.

نعال الأحذية العاديّة والأحذية الرياضيّة مصنوعة من موادّ تعزز الاحتكاك. كما أنّها مزوّدة بمداسات عميقة. تقوم هذه الأخيرة بطرد المياه من الحذاء لتتماسك بشكل أفضل على الأرضيّة الرّطبة. أمّا الأحذية ذات النصف نعل فهي مزوّدة بلوحات معدنيّة سلسة على نعالها. هذه اللّوحات تحدّ من الاحتكاك وتسمح للرّاقصين بجعل أقدامهم تنزلق على الأرض.



راقصو الهيب هوب ينتعلون الأحذية التي تتماسك جيداً على الأرض. نعال الأحذية تمنع الرّاقصين من الانزلاق كما أنّها تمكّنهم من القيام بالحركات البهلوانيّة.

على الطريق

تتماسك مداسات عجلات مركبات الطريق على الطريق ولكنّها تبطئ المركبات أيضاً. سيّارات السّباق مزوّدة بعجلات سَلِسَة ليتمكّن السّائقون من القيادة بسرعة أكبر. ولكن إذا ما أمطرت، تتغيّر العجلات لتصبح ذات مداس أكبر لمنعها من الانزلاق على الطريق الرّطب. تطرد المداساتُ المياهَ الموجودة بين العجلات والطريق.



ماذا بعد

لقد طوّر نوع جديد من العجلات في كاليفورنيا في الولايات المتّحدة الأميركيّة. تستخدم العجلات الكهرباءَ لتعديل عُمق المداس بما يتناسب مع الطقس. المداسُ سطحيّ على الطرقات الجافّة، والمداس العميق على الطين والثلوج.

السّطح المحيطي لإطـارات عجلة السّيّارة تتسمّر بنماذجها المعقّدة. هذا النموذج يسمح للسّيّارة أن تسير على الطريق بثبات أو تماسك في مختلف الأحوال الجويّة.

جرّب هذا!

يقيس مقياس القوّة حجم قوّة ما. إذا ما كنت ترغب في إجراء هذا الاختبار في المنزل، اطلب إلى الأستاذ إقراضك مقياس القوّة المدرسي. كما ستحتاج إلى مجموعة من الأسطح النّاعمة والخشنة.

المتوقّع حدوثه: تحريك الأشياء على الأسطُح التي تولّد احتكاكاً أقلّ يقتضي قوّة أصغر.

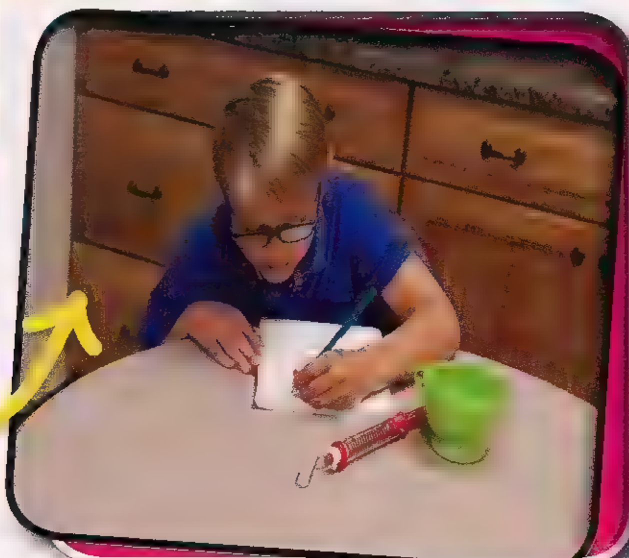
ما تحتاج إليه:

- مقياس قوّة
- كوب
- مجموعة من الأسطح المختلفة كأرضيّة خشبيّة وسجادة رفيعة وورق رمل ومنضدة مطبخ
- مياه

الخطوات المتّبعة:



1. ضع الكوب على سطح خشبيٍّ. وعلّق مقياس القوّة بالكوب.



2. اسحب مقياس القوّة إلى أن يبدأ الكوب بالتحرّك على الأرضيّة الخشبيّة. ما هو حجم القوّة؟ سجّل النتائج الخاصّة بهذا السّطح.



3 أعد الخطوات 1 و2 على كلّ من الأسطح المختلفة. سجّل نتائج كلٍّ منها.

4 امسح منضدة المطبخ بقليل من الماء واجرِ الاختبار مجدّداً. هل تولِّدُ منضدة المطبخ احتكاكاً أكبر أو أصغر عندما كانت رطبة؟



الاستنتاج

كلّما كان السّطح أكثر سلاسة، كلّما ولّد احتكاكاً أقلّ واقتضى قوّة أصغر لتحريك الكوب.

هل المقاومة قوّة سحب؟

لمَ يصعب اجتياز المياه أكثر من السير في الهواء؟ لأنّ المياه تدفع إلى الخلف بقوّة أكبر من الهواء. تُدعى هذه القوّة المقاومة أو السّحب، وهي نوع من الاحتكاك. الهواء والغازات الأخرى تقاوم الحركة أيضاً ولكن ليس بقدر السّوائل.



المظلّة توضح التدلّي من الهواء. تؤمن المظلّة تيّاراً هوائيّاً ممتازاً ومناسباً، يسمح للمظلّي الهبوط على الأرض بسهولة.

قد يكون السّحب مفيداً!

تبطئ المقاومة شيئاً متحرّكاً وهي مفيدة أحياناً كالاحتكاك. قوّة السّحب تجعل مظلّة الطيران المظليّ أو المظلّة تقع ببطء أكبر في الهواء. كلّما كانت المساحة التي تدفع الهواء أكبر، كلّما كانت قوّة المقاومة أكبر.

هل تعلم؟

الجسيمات النيزكيّة عبارة عن صخور وغُبار تقع على الأرض من الفضاء. معظمها لا يصل إلى الأرض لأنّها تحترق فيما تقع في الهواء. تُدعى هذه الأجزاء المحترقة نيازكاً. الاحتكاك بين النيازك والهواء يجعلها ساخنة جداً إلى درجة أنّها تشتعل.

لحظة اكتشاف!

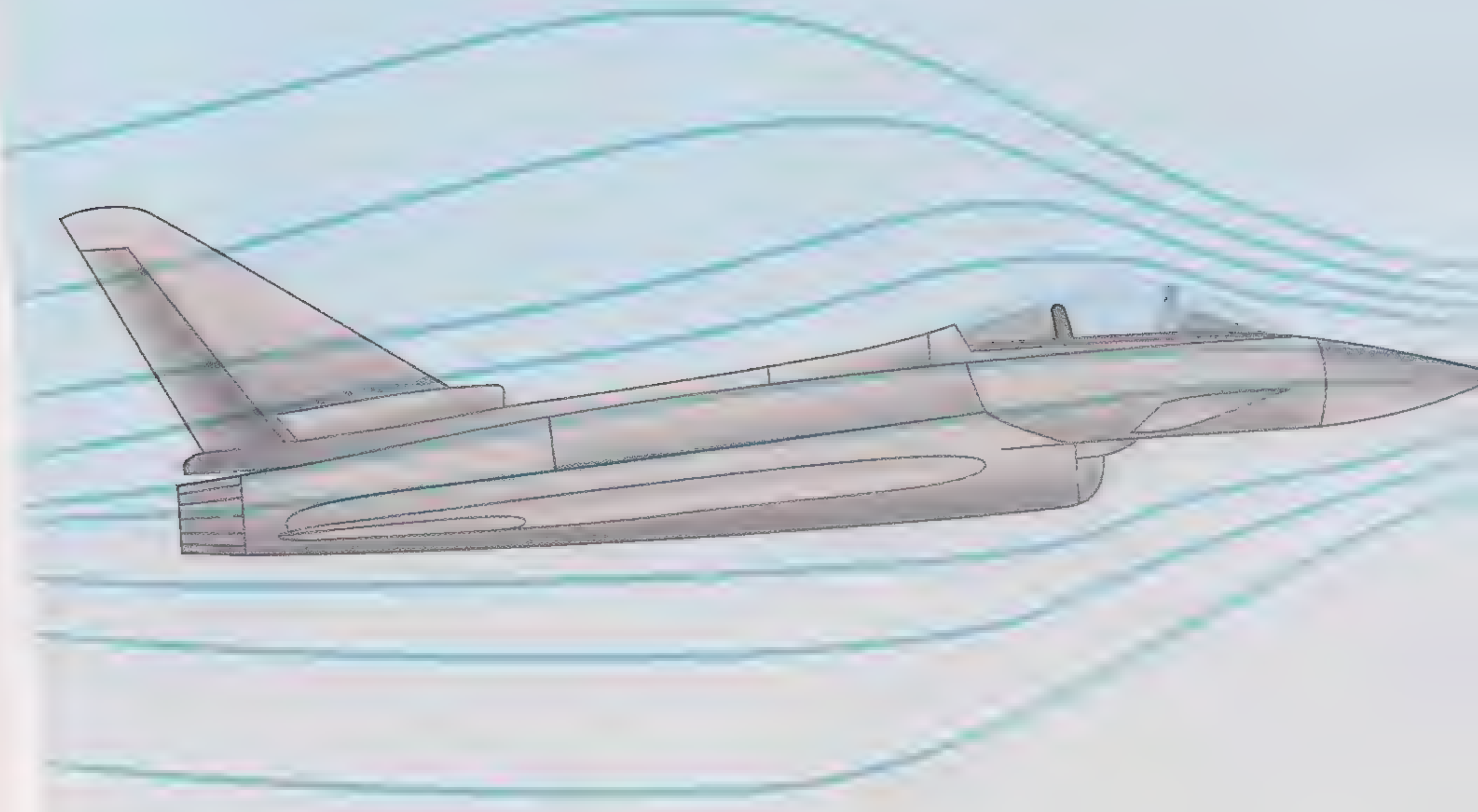
في السبعينيات، أرادت وكالة الفضاء الأميركيّة «ناسا» صنع مركبة فضائيّة قابلة للاستخدام لمرّات عديدة. ابتكر العلماء المكوك الفضائيّ. تُطْلَقُ هذه المركبة الفضائيّة من خلال الصواريخ ولكنّها تعود إلى الأرض كالطّائرة. هذه المركبات غير مزوّدة بمحرك أساسيّ وبالتالي وحدها مقاومة الهواء تُبطئها فيما تنزلق عائدةً إلى الأرض. وفي الدقيقة الأخيرة، تُفتح المظلّات للحدّ من سرعتها فيما تحطّ على الأرض.



خطوط الشهب، وهي تعبر السماء، تأخذ معها فقط القليل من الشهب الأخرى لحرقها خارجاً.

الانسياب

مقاومة الهواء مفيدة للمظلّيين ولكنّها عائق في وجه مصمّمي الطّائرات. يُبطِئُ السّحب الطّائرة فيما تطير في الهواء. ما يعني أنّ محرّكات الطّائرات تستخدم المزيد من الوقود لإنتاج القوّة الإضافية اللّازمة لتخطّي السحب. المركبات التي تتحرّك بسرعة تتخذ أشكالاً معينة للحدِّ من مقاومة الهواء من خلال السّماح للهواء بالتدفّق بسلاسة حولها. هذا ما يُدعى شكلاً انسيابيّاً.



الطّائرة المقاتلة النّفاثة واحدة من أسرع الطّائرات حركة. تُظهر لنا الخطوط الزّرقاء كيف يتدفّق الهواء حولها، إنّها تتّخذ شكلاً انسيابيّاً.

تحسين التصميم

يستخدم المصمّمون مجموعة من التقنيات المختلفة لجعل الطائرات والقطارات السريعة والسيّارات والمركبات الأخرى أكثر انسياباً. إنّهم يحرصون على جعل السّطح الذي يدفع الهواء صغيراً بقدر الإمكان من خلال جعل الأمام حادّاً مثلاً. إنّهم يستخدمون مواد سلسة ويصممون باقي الهيكل بشكل يسمح للهواء بالتدفّق بسلاسة فوقه. وهم يختبرون نماذج صغيرة في نفق رياح. يُحاكي نفق الرّياح آثار التحرّك في السّماء أو على مسار ما.

هل تعلم؟

الحيوانات تتحرّك بسرعة انسيابيّة أيضاً. «فهد الشيتا» أسرع عَدّاءٍ في العالم. فهو قادر على الرّكض بسرعة ١١٠ كيلومتراً في السّاعة بفضل جسده الانسيابيّ الرّشيق وذيله الطويل وأرجله الطويلة وعضلاته القويّة. ينقضّ الباشق على فريسته بسرعة 330 كيلومتراً في السّاعة. يغلق أجنحته لجعل نفسه في منتهى الانسيابيّة.



ينحني راكب الدراجة للأسفل على المقود، كما يرتدي ثياباً ضيقة مما يؤمن انسيابية أكثر ويقلّل مقاومة الهواء. أمّا الخوذة فهي تحمي الرأس وهي انسيابيّة الشكل أيضاً لتقليل الانحراف.

مقاومة الماء

مقاومة الماء أقوى من مقاومة الهواء لأنّ الماء أكثف أو أسمك من الهواء. تكون السّفن ومعظم الزوارق انسيابيّةً ذات شكل طويل نحيف وقوس حادٍّ لمساعدتها على اجتياز المياه.

تحدُّ بعض أنواع السّفن من مقاومة الماء أكثر من خلال الارتفاع فوق المياه كليّاً أو جزئيّاً. شكل هيكل القارب السّريع يسمح له بالارتفاع فوق المياه فيما تزداد سرعة السّفينة. القارب المحلّق مزوّد بأجنحة تحت المياه أو رقاقات معدنية تدفع إلى الأعلى في المياه لترفع باقي القارب في الهواء.

ممتع جداً الانزلاق على الماء في قارب سريع. كلّما ازدادت سرعة القارب ترفع قوة الماء القارب إلى الأعلى.



أسرع السّباحين

أسرع الحيوانات المائيّة هي الأسماك وبخاصّة سمكة «الزعنفة الشراعية» وسمكة «مارلن» وسمكة «أبو سيف». أجسادها انسيابيّة ولديها مسمار على شكل سيف يقصّ المياه. من الصّعب قياس سرعة سمكة ولكن يعتقد أنّ سمكة «الزعنفة الشراعية» قادرة على السباحة بسرعة 108 كيلومتراتٍ في السّاعة.



من أسرع حيوانات البحر السّمك الصيّاد. ليست وحدها سريعة في السّباحة ولكن يمكنها الخروج من الماء والانسياب في الهواء لثوان قليلة

لحظة اكتشاف!

في الخمسينيّات، ابتكر المهندس البريطاني كريستوفر كوكرل الحوّامة. أدرك أنّ السّفينة قادرة على تجنّب مقاومة الهواء إذا ما تحرّكت على سطح المياه على وسادة هوائية. اختبرَ هذه الفكرة من خلال نفخ الهواء من مكنسة كهربائيّة في علبة قهوة صفيحيّة من خلال علبة طعام فارغة. بدأت علبة الطعام تحوم!

جرّب هذا!

اخترْ مظلّة كبيرة ومتوسطة الحجم وصغيرة لاكتشاف أيّ منها أكثر مقاومة للهواء. ستحتاج إلى صديق يساعدك على توقيت الفترة الزمنية التي تتخذها المظلّات للوصول إلى الأرض.

المتوقّع حصوله: كلّما كان السّطح أكبر، كلّما كانت مقاومة الهواء أكبر.

ما تحتاج إليه:

- كيس بلاستيكي كبير
- مقص ومسطرة
- تسعة أجزاء من خيط، طول كلّ منها 20 سنتيمتراً
- ثلاثة أجزاء من خيط، طول كلّ منها 30 سنتيمتراً
- ثلاثة مرابط ملويّة
- ثلاث مظلّات متطابقة كتماثيل بلاستيكيّة صغيرة
- ساعة توقيت

الخطوات المتّبعة:

1. قصّ قطعة من البلاستيك لتشكّل مربّعاً حجمه 40x40 سنتيمتراً. استخدم المقصّ لإحداث ثقوب في زوايا المربّع. قمْ بتركيب جزء من خيط طوله 20 سنتيمتراً في الثقوب الثلاثة وخيطاً أطول في الثقب الرّابع. اربط كلّ جزء من الخيط في مكانه.





2. اجمع أطراف الخيوط معاً والوي المرابط حولها. اربط المظلّة بجزء الخيط الأكبر ليتدلّى من المظلّة. عدّل الخيوط بهدف تحقيق توازن المظلّة.



3 قصّ قطعتين إضافيتين من البلاستيك على شكل مربّع، واحدة حجمها 30x30 سنتيمتراً والأخرى 20x20سنتيمتراً. أعدْ الخطوتين 1 و2 لصنع مظلّتين إضافيتين.



4 اطلب إلى صديقك الوقوف على كرسيٍّ والاستعداد لإسقاط المظلّة الأولى. قل "هيّا!" واستخدم ساعة التوقيت لتوقيت الوقت اللّازم للمظلّة لهبوطها على الأرض.

5 سجّل الوقت ومن ثمّ اختبر المظلّتين الأخريتين بالطريقة نفسها. احرص على إسقاط المظلّة من العلوّ نفسه فوق الأرض.

الاستنتاج

أيًّا من المظلّات الثلاث توقعتَ أنّها تحتاج إلى الوقت الأطول للسقوط؟ هل كان توقُّعك صحيحاً؟

ما هي الجاذبيّة؟

جاذبيّة الأرض تسحب كلّ شيء نحو الأرض ولكنّها ليست مصدر الجاذبيّة الوحيد. فالجاذبيّة موجودة أيضاً بين أيّ شيئين وكلّما كانت الأشياء أكبر كلّما كانت القوّة أكبر. الأرض هائلة الحجم إلى درجة أنّ قوّة جاذبيتها هي الوحيدة التي نلاحظها فيما نتحرّك حول الأرض.

تصبح الجاذبيّة أضعف فيما تبتعد الأشياء بعضها عن بعض. ولكن عليك أن تسافر إلى مسافة بعيدة جداً عن الأرض قبل أن تشعر بأيّ اختلاف. ولا تضعف جاذبيّة الأرض سوى بنسبة 3% عند الابتعاد عن الأرض بمسافة 100 كيلومتر نحو الفضاء.



عندما نضرب كُرة الغولف بالعصا، ندفع بالكُرة إلى الأعلى وإلى الأمام، لكن الجاذبيّة الطبيعيّة تسحبها إلى الأسفل.



تستخدم الدوّامة السرعة والجاذبيّة لمنح جولة مشوّقة. في مرحلة ما، تكون ممسمراً على مقعدك بينما في الأعلى تشعر بأنك عديم الوزن.

لحظة اكتشاف!

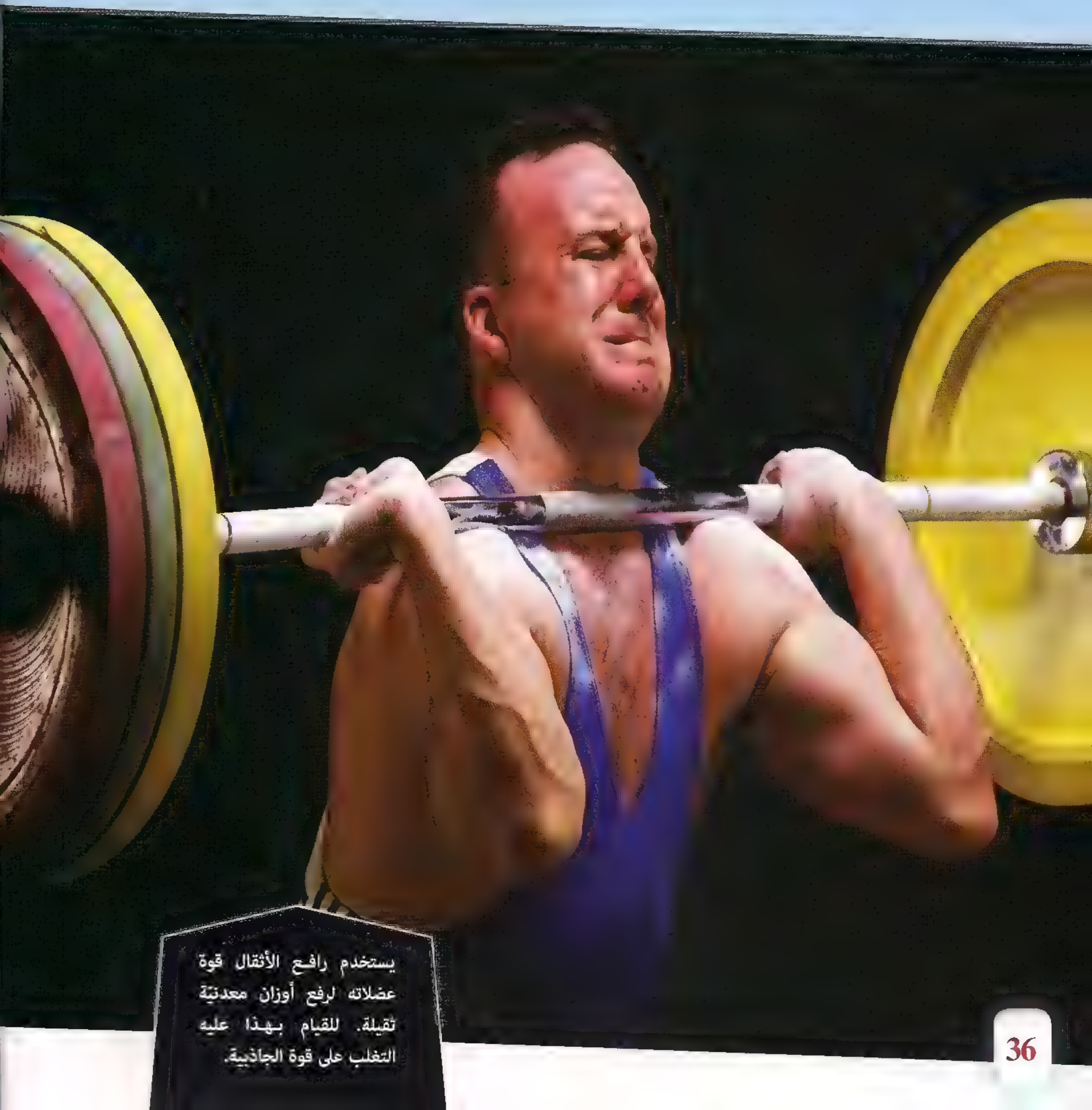
قوّة سحب الجاذبيّة على الأشياء الثقيلة أقوى من قوّتها على الأشياء الخفيفة، وبالتالي قد تتوقّع سقوط الأشياء الثقيلة بسرعة أكبر من سقوط الأشياء الخفيفة. كان العالم الإيطالي جاليلو أوّل من أدرك أنّ جميع الأشياء تسقط بالسّرعة نفسها. ويقال أنّه رمى قذيفتي مدفع صغيرتين وأخرى كبيرة من برج بيزا المائل في العام 1590. وقد وصلت كلا القذيفتين إلى الأرض في الوقت نفسه.

هل تعلم؟

أنه في بعض نقاط لعبة قطار الملاهي، قد تكون القوّة التي تدفع السيّارات أقوى بأربع مرّات من قوّة الجاذبيّة. وتشعر بهذه القوّة عندما تتسلّق السيّارة بسرعة صعوداً. غير أنّه في الأعلى، تنخفض القوّة وتصبح مساوية للجاذبيّة. ومن ثمّ تجتمع القوّة الدّافعة مع الجاذبيّة لتنقضّ بك نحو الأسفل.

الجاذبيّة والوزن

ما العلاقة التي تربط الجاذبيّة بالوزن؟ ترتبط الجاذبيّة ارتباطاً وثيقاً بالوزن لأنّه مقياسٌ لقوّة الجاذبيّة. ترتفع الجاذبيّة مع ارتفاع الكتلة. الكتلة هي كميّة المادّة أو "الشيء" الذي يحتويه شيء ما. الطوب كميّة كبيرة من مادّة ملتصقة ببعضها. وهي أثقل من الوسادة التي تحتوي على مادّة أقلّ على الرّغم من أنّها تحتلّ مساحة أكبر.



يستخدم رافع الأثقال قوة عضلاته لرفع أوزان معدنيّة ثقيلة. للقيام بهذا عليه التغلب على قوة الجاذبية.

الجاذبيّة على القمر

كتلة بعض الكواكب ومعظم الأقمار أقلّ من كتلة الأرض، وبالتالي جاذبيتها أقلّ من جاذبيّة الأرض. على سبيل المثال: يتألّف قمرنا من 6/1 من حيث المادّة بالمقارنة مع الأرض وبالتالي جاذبيته 6/1 من جاذبيّة الأرض. إذا ما هبطت على سطح القمر، تكون كتلتك هي نفسها ولكن ينخفض وزنك بمعدّل ستّ مرّات من وزنك على الأرض. جاذبيّة القمر الضعيفة تسمح لك أيضاً بالقفز لارتفاع أعلى بست مرّات!



يقفز رجل الفضاء عند الهبوط على سطح القمر. جاذبيّة القمر ضئيلة جداً ويتطلب القفز القليل من الجهد.

لحظة اكتشاف!

كان رائد الفضاء آلان شيبرد يعشق لعبة الغولف. عندما ذهب إلى القمر في العام 1971، أخذ معه مضرب غولف وكرتين. أدرك أنّ جاذبيّة القمر الضعيفة وضعف الهواء سيسمح له بضرب الطابات أبعد من أيّ شخص على الإطلاق. لا أحد يعرف كم ابتعدت الكُرتان فعليّاً، ولكن يتوقّع أن تكون ابتعدت لمسافةٍ تتخطّى الكيلومترين.

انعدام الوزن في الفضاء

يتحرّك روّاد الفضاء في محطّة فضائيّة من خلال دَفْعِ أنفسهم بعيداً عن الجدار ويعومون في الأنحاء. كلّ شيء آخر يطوف أيضاً إلا في حال كان معلّقاً في خزانة أو عالقاً في مكانه بالفيلكرو. المحطّة الفضائيّة وكلّ شيء آخر عليها بلا وزن لكنّها لم تهرب من الجاذبيّة.



في المحطّة الفضائيّة يطوف روّاد الفضاء ويدورون لأعلى وأسفل الجوانب في وسط الهواء. تبعد المحطّة الفضائيّة عن الأرض 100 كيلومتراً فقط، فما الذي حصل للجاذبيّة إذاً ؟



يستخدم رجل الفضاء آلة تمرين في الفضاء. على رجال الفضاء التمرن يومياً لإبقاء عضلاتهم قوية.

العوم أو السقوط؟

تدور هذه المحطّة الفضائيّة حول الأرض مرّة كلّ 90 دقيقة. وهي تسافر بالسرعة المناسبة لها لتبقى في المدار. وفي حال أسرعت، تنطلق مسرعة لتضيع في الفضاء، وإذا ما أبطأت تشدّها قوّة الجاذبيّة نحو الأرض. وبالتالي تكون المحطّة الفضائيّة في حالة السقوط الحرّ الثّابتة والتي تُدْعَى الجاذبيّة الصغرى. يشعر روّاد الفضاء وكأنّهم يعومون ولكنّهم في الواقع يقعون بالسرعة نفسها كسرعة المحطّة الفضائيّة. وكلّ شيء آخر في المحطّة الفضائيّة يكون في حالة السّقوط الحرّ أيضاً.

هل تعلم؟

أنه عندما نتحرّك على الأرض تكون عضلاتنا مجبرة على العمل بشكل مُعاكس للجاذبيّة. في الفضاء، تكاد العضلات لا تضطر إلى التحرّك. إذاً لِمَ يمارس روّاد الفضاء الذين يبقون في الفضاء لأشهر تمارينَ رياضيّة، لأنهم لا يكونون قادرين على الوقوف عندما يعودون إلى الأرض.

ما الذي يؤمّن تماسك الكون؟

إسحاق نيوتن هو الذي أدرك أنّ قوّة الجاذبيّة (التي تجعل التفاح يسقط من الشّجرة) هي القوّة نفسها التي تُبقي الأرض في المدار حول الشّمس. الشّمس هائلة الحجم إلى درجة أنها تجعل جميع الكواكب والأشياء في النظام الشّمسي تدور حولها.

قويّ أو ضعيف؟

قد تعتقد أنّ الجاذبيّة قوّة هائلة في الواقع، تفاجأ العلماء عندما أدركوا أنّ الجاذبيّة أضعف بكثير من معظم القوى الأساسيّة الأخرى كالقوّة الكهربائية. ولكن لو لم تكن بهذا الضعف، ما كان الكون ليكون موجوداً كما هو اليوم. كان ليصعب التحرّك على الأرض وكانت الشّمس لتسحب الأرض نفسها.



شجرة التفّاح هذه في حديقة منزل إسحاق نيوتن في وول ستورب في إنكلترا. قال إنّه جلس تحت ظِلّ الشجرة، عندما سقطت التفّاحة على الأرض، حيث أعطته الفكرة عن قوّة الجاذبيّة.

الكون

الشّمس نجم، وهي واحدة من مليارات النجوم التي تؤلّف مجرّة درب التبانة. تتحرّك الجاذبيّة بحركة جميع هذه النجوم وكواكبها وأقمارها. لا تنتهي قوّة الجاذبيّة عند هذه النقطة. يضمّ الكون مليارات المجرّات التي تجمعها الجاذبيّة.



التلسكوب الفضائي «هُبل» أخذ هذه الصور لملايين النجوم في الكون.

ماذا يحدث

لا يزال العلماء يحاولون فهم الكون. لقد اكتشفوا جُسيماً صغيراً، أطلقوا عليه تسمية "بوزون هيغز"، قد يحمل السر. ويقول العلماء بأنّ هذا الجسم يفسرّ تماسك الجسيمات معاً لتشكيل أشياء ذات كتلة. من دون الكتلة، ما كانت الجاذبيّة موجودةً!

هل بإمكانك اكتشاف القوى؟

بإمكانك ملاحظة تأثير الدّفع والسّحب والاحتكاك والمقاومة والجاذبيّة حيث يكون هناك تحرّك أو أفعال. على سبيل المثال: بإمكانك رؤية مهارات وقوّة لاعبي القفز ولكن القوّة تتدخل في إنجازاتهم أيضاً.

لاعبة القفز بحاجة إلى توليد الكثير من القوّة لتخطّي الجاذبيّة ومقاومة الهواء ودفع نفسها فوق القضيب العالي. الاحتكاك بين قدمها والأرض يسمح لها بدفع نفسها بقوّة من دون الانزلاق. كما يسمح الاحتكاك لها بالتمسّك بعصا القفز بيديها. تُبطئ مقاومة الهواء طيرانها ولكن بمجرّد قفزها تسحبها الجاذبيّة بأمان إلى الأرض.



قافزة العصا تضغط داخل الهواء مستعملة عصاً طويلة لترفع نفسها حتّى إلى الأقصى عُلوٍّ عن الأرض.

التزلّج بمزلجة ذات عجلات

تمثِّل قوّة الاحتكاك والجاذبيّة دوراً أساسيّاً في حيل التزلّج على مزلجة. تتدحرج المزلجة بسهولة لأنّ العجلات السلسة تحدّ من الاحتكاك. ولكن سطح المزلجة خشن، ما يعزّز الاحتكاك ويسمح للمتزلّج بالتمسّك بالمزلجة حتى في الهواء. تساعد الجاذبيّة المتزلّج على التدحرج بسرعة أكبر على المنحدر. وعندما يصل إلى الجانب الآخر، يقفز ويدور مدركاً أن الجاذبيّة ستشدُّه إلى الأسفل من جديد.

لا يمكنك رؤية القوى التي تمتزج لتولد حركة مذهلة لمتزلج ولكن يمكنك رؤية نتيجة هذا التمازج.



ماذا بعد؟

يعمل المبتكرون والمهندسون باستمرار لابتكار آلات وأجهزة جديدة تُحسّن طريقة إنجازنا للمهام. من يعلم ما قد يحدث في المستقبل؟ أمر أكيد: إذا ما شملت فكرة جديدة الحركة، ستشمل وسيلة جديدة لاستخدام القوى وجمعها.

مسرد بالكلمات الصعبة

الدوّارة: لعبة من ألعاب مدينة الملاهي.

المنجنيق: آلة لرمي الصخور أو القذائف الأخرى.

كثيف: عندما تكون الجُسيمات التي تؤلّف شيئاً ما ملتصقة ببعضها بشدة.

السّحب: مراجعة مقاومة.

السقوط الحرّ: سقوط ناتج عن قوّة الجاذبيّة.

الاحتكاك: قوّة ناتجة عن ملامسة سطح لسطح آخر أو احتكاكه به.

نظام تحديد المواقع العالمي: جهاز يستخدم إشارات من الأقمار الصناعية لتحديد موقع شيء معيّن على الأرض.

الجاذبيّة: قوّة الجذب بين شيئين وبخاصّة بين شيء والأرض. على الأرض، تشدّ الجاذبيّة كلّ شيء نحو الأرض.

حوّامة: مركبة تسافر فوق سطح البحر أو أراض مسطّحة على وسادة هوائيّة.

هيكل القارب: جسم السّفينة أو الزورق وبخاصّة من الأطراف والأسفل.

الحمولة: شيء لا بدّ من حمله أو تحريكه.

تشحيم: تغطية سطح شيء ما بالزّيت أو المياه للحدّ من الاحتكاك.

الكتلة: كميّة المادّة التي يحتوي عليها شيء ما.

المادّة: أيّ شيء ذو وزن.

المدار: سفر في مسار ثابت حول شيء آخر في الفضاء.

مظلّة الطيران المظلّي: جناح كبير قابل للنفخ يحمل شخصاً تحته بهدوء عبر الهواء.

مشلول: غير قادر على التحرّك بسبب أضرار في الأعصاب.

الجُسيم: جزء صغير من المادّة.

المحور: نقطة ثابتة تبرمها الرّافعة.

ردّة الفعل: قوّة ناتجة عن قوّة أخرى.

المقاومة: قوّة تتباطأ أو تتصرّف ضدّ قوّة أخرى.

مكوك فضائيّ: مركبة فضائيّة أميركيّة تشبه طائرة ضخمة، وقد أعيدت إلى الأرض كطائرة شراعيّة.

آليّ: شيء يتمّ التحكّم به حاسوبيّاً.

ثابت: غير متحرّك.

انسيابي: شيء يتّسم بشكل سلس يحدُّ من مقاومة الهواء.

مداس: نتوء على نعل الحذاء أو العجلات مسؤول عن التماسك بـالأرض. تؤمّن مداسات العجلات المزيد من التماسك على الطرقات الرّطبة من خلال طرد الماء، وعلى الطّرقات النّاعمة أو الغباريّة من خلال العضّ عبر السّطح المرخي.

الـوزن: قياس قوّة الجاذبيّة على شيء معيّن.

نفق الرّياح: أنبوب كبير يُحاكي ظروف التحرّك في الهواء. يستخدم المهندسون أنفاق الرّياح لمساعدتهم على تصميم الشّكل الأكثر انسياباً للمركبات وبخاصّة الطّائرات والسّيّارات والدرّاجات النّارية والشّاحنات.

اكتشف المزيد

مواقع إلكترونية:

www.sciencemuseum.org.uk/educators/classroom_and_homework_resources/ks2/forces_and_motion.aspx

يضمّ موقع متحف العلوم العديد من المشاريع الممتعة باستخدام القوى.

spaceplace.nasa.gov/what-is-gravity

هذا أحد مواقع «ناسا» المخصّص للأطفال. يخبرك عن كيفيّة عمل الجاذبيّة في الفضاء ويصف أجزاءها المسؤولة عن الكون كما هو اليوم.

www.historyforkids.org/scienceforkids/physics/machines/lever.htm

يخبرك هذا الموقع قصّة الرّافعات، انطلاقاً من الحيوانات الأولى التي استخدمتها وصولاً إلى أرخميدس ويفسّر آلية عملها.

www.racemath.info/Index.htm

يفسّر لك هذا الموقع ارتباط الاحتكاك ومقاومة الهواء والقوى المعاكسة والجاذبيّة بقيادة الدرّاجات النّارية. انقر على زرّ المرحلة الأساسيّة 2 للحصول على معلومات أساسيّة، وعلى زرّ المرحلة الأساسيّة 3 للحصول على المزيد من المعلومات.

لبحث أوسع:

بإمكانك استكشاف عدد من جوانب القوى وتأثيرها في الحركة. اقصد مكتبتك المحليّة وابحث عن كُتب ذات صلة وقم بزيارة متحف علوم. إليك بعض الاقتراحات التي بإمكانك البحث عنها على الإنترنت.

www.nasa.gov/audience/foreducators/teachingfromspace/dayinthelife/index.html

قم بزيارة هذا الموقع لاكتشاف كيف يأكل ويشرب ويغتسل رائد الفضاء واستعلم عن طريقة العيش في محطّة فضائيّة.

www.extremesportscafe.com/brochure/content/what-paragliding

قارن بين الطيران المظلّي والطيران اليدويّ من خلال زيارة موقع.

سلسلة علوم الفيزياء الأساسية

القوّة والحركة

مزوّد بمسرد للكلمات الصعبة

- ماذا يحدث عندما تكون القوى متوازنة؟
- لماذا تصبح الأشياء أبطأ عند تحريكها؟
- ما هي صلة الوصل بين الوزن والجاذبيّة؟

اِقرأ هذا الكتاب لمعرفة الإجابات على هذه الأسئلة وغيرها. هذا الكتاب هو جزء مِن سلسلة «علوم الفيزياء الأساسيّة»، وكلّ كتاب في هذه السلسلة يُعدُّ منهجًا دراسيًّا متكاملاً.
تعرّف إلى كيفيّة قيام الآلات بتحويل القوّة الصغيرة إلى قوّة كبيرة.
ما هو الشكل المبسّط؟ ما هي فوائد الاحتكاك؟
يتضمّن الكتاب ثلاثة أنشطة أو تجارب بسيطة، يقوم التلميذ بتجربتها واختبارها بنفسه.

الكاتبة

أنجيلا رويستون هي مؤلفة متخصصة بكتب الناشئة والشباب. كتبت أكثر من مئة كتابٍ حول مجموعة واسعة من المواضيع العلميّة البحتة.

المستشار

هارولد برات، مارس تدريس العلوم قبل أن ينتقل إلى إدارة المناهج الدراسيّة وتطويرها. هو زميل في الرّابطة الأميركيّة لتقدُّم العلوم، والرئيس السابق للجمعيّة الوطنيّة لمدرّسي العلوم، وقد أسهم في إصدار عدّة كتب علميّة.

مؤسّسة الفكر العربي
عربي 21
ARAB THOUGHT FOUNDATION
ق

تمّ تصنيف هذا الكتاب وفق معايير (عربي 21) لتصنيف كتب الأطفال العربيّ.
وقد صُنّفت مستوى - ق - متقن أدنى السنة السابعة (المرحلة المتوسطة).

ISBN 978-614-433-017-3
9 786144 330173